감성과학, Vol. 14, No. 1, pp.157-164, March 2011

감성 진단칩(Emotion-on-a-chip, EOC) : 인간 감성측정을 위한 바이오칩기술의 진화*

Emotion-on-a-chip(EOC) : Evolution of biochip technology to measure human emotion

정효일**† · 길태숙*** · 황유선****

Hyo Il Jung**† · Taesuk Kihl*** · Yoosun Hwang****

연세대학교 기계공학부, 융합감성연구단**

School of Mechanical Engineering, Center for Integrated Science Emotion Studies, Yonsei University**

상명대학교 대학원 게임학과***

Department of Game, the Graduate School, Sangmyung University***

한국언론진흥재단****

Korea Press Foundation****

Abstract

Emotion science is one of the rapidly expanding engineering/scientific disciplines which has a major impact on human society. Such growing interests in emotion science and engineering owe the recent trend that various academic fields are being merged. In this paper we propose the potential importance of the biochip technology in which the human emotion can be precisely measured in real time using body fluids such as blood, saliva and sweat. We firstly and newly name such a biochip an Emotion-On-a-Chip (EOC). EOC consists of biological markers to measure the emotion, electrode to acquire the signal, transducer to transfer the signal and display to show the result. In particular, microfabrication techniques made it possible to construct nano/micron scale sensing parts/chips to accommodate the biological molecules to capture the emotional bio-markers and gave us a new opportunities to investigate the emotion precisely. Future developments in the EOC techniques will be able to help combine the social sciences and natural sciences, and consequently expand the scope of studies.

Keywords : Emotion-on-a-chip, Biochip, Measurement, Body Fluid

요 약

감성과학은 현대 사회에서 점차 중요한 부분을 차지하고 있는 과학, 공학적 영역이다. 감성은 외부의 물리/화학적인 자극에 대한 인간 내부의 고차원적인 심리적 체험으로 기쁨, 슬픔, 쾌적, 불쾌 등에 대한 복합적인 감정이라 할 수 있다. 그러나 감성연구의 가장 큰 어려움은 측정의 문제이다. 기존 감성 측정은 자기보고, 인터뷰, 뇌파 및 자율 신경계 반응, 심장혈관 활동도 등에 국한되어 있고 여전히 객관적인 측정이라 할 수 없다. 따라서 우리는 혈액, 침, 땀 등의 체액을 이용해 실시간으로 인간의 감성을 정확하게 측정하는 Eomotion-on-a-chip (EOC)로 명명한 새로운 이름의 바이오칩 기술에 대해 제안한다. EOC는 감성을 측정하기 위한 바이오 마커와

* 본 논문은 연세대학교 미래유망분야 지원사업의 융합감성과학 연구단(2009-1-0212)의 연구비 지원으로 작성되었음

† 교신저자 : 정효일(연세대학교 공과대학 기계공학부)

E-mail : uridle7@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-5814

신호를 얻기 위한 전극, 신호를 변환하기 위한 변환기, 그리고 측정의 결과를 보여주는 부분으로 구성된다. 최근 나노/마이크로 기술의 발달은 체액 내 감성 바이오 마커를 찾아내고 그것의 유무와 뇌과학 연구결과와의 상관관계를 규명하고 미래에 피 한 방울로 인간의 심리상태를 정확히 파악 할 수 있는 초소형 감성진단칩을 개발하게 할 수 있다. 본 논문은 이제 막 연구가 시작되고 있는 미래 바이오칩기술의 하나인 EOC의 개념을 보고하는 리뷰논문이다.

주제어 : 감성진단칩, 바이오칩, 측정, 체액

1. 서론

최근에는 감성이 정치, 사회, 교육, 산업, 의료 등 다양한 분야에서 발생된 인간의 제 문제 해결의 키워드로 부상하면서(Fredrickson, 1998; Diener, 2000; Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 2006; 송현주, 2008; 김주환 외, 2009; 김은주 외, 2010) 감성측정에 대한 관심도 높아지고 있다. 감성측정은 감성에 대한 개인의 언어적 표현이나 생리신호의 변화를 측정함으로써 이루어졌다(정효일 외 , 2010). 감성에 대한 정의는 여러 분야에서 다양하게 시도되었는데, 외적 환경의 자극에 대한 인간의 심리적 육체적 정신적 체험과 반응으로 개인의 생리적이고 본능적인 현상이면서 인지적, 사회 문화적 속성을 지닌 것이라고 정리할 수 있다. 감성에 대한 생리신호측정 방법은 감성을 유발하는 상황 곧 외적자극에 의한 인체의 생리적 변화를 측정하는 것으로써 감성의 변화가 육체의 외적 내적 변화를 유도한다는 것을 과학적으로 밝혀낸 것이기도 하다.

그러므로 감성측정은 외적 자극으로 인한 개인의 이상적(異常的) 변화에 대해 인지함으로 이를 긍정적 상태로 회복 혹은 유지하도록 유도할 수 있다는 점에서 유효성이 있다. 물론 감성의 이상적 변화나 긍정적 상태에 대해서는 관점에 따라 다양한 해석이 가능하다. 청소년 교육의 관점에서 학생이 학교생활에 원만하게 적응하고, 학업에서의 집중도, 이해도, 만족도 등이 높음을 보여주는 것이 긍정적 상태라고 한다면 이상적 변화는 그러한 긍정적 상태를 방해하는 감성 결과라고 볼 수 있다. 의학적인 관점에서 이상적 변화는 정신질환을 유발하거나 일반적인 생활을 하지 못하게 방해하는 우울, 불안, 화, 집착, 혐오 등이라고 할 수 있으며 긍정적 상태는 사회 안에서 일반적인 생활을 영위할 수 있는 상태이다. 사회적인 관점에서 과중한 업무와 경쟁적 인간관계에서 오는 스트레스는 이상적 변화에 해당한다고 할 수 있으며, 이를 인지함으로써 휴식, 운동 등을 통해 긍정적인 상태로의 회복을 유도할 수 있다. 곧, 간편하고 경제적인 방법을 통해 개인의 감정 상태를 점검하고 측정할 수 있다면 감성측정의 결과는 다양한 분야에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 경제적이며 간편한 정량적 감성측정의 한 방법으로써 미래형 바이오칩 기술로 감성 진단칩(EOC; Emotion-on-a-chip)을 제안한다. 감성 진단칩(EOC)는 신개념의 바이오칩기술이며 본 논문을 통해서 최초로 소개되는 것으로 기존 감성측정 기법과 비교하여 감성진단칩의 장점와 활용에 대해서 기술하고자 한다.

2. 감성 측정의 방법

현재까지 감성은 인터뷰, 문답지를 통한 언어 표현이나 감성에 따라 변화를 보이는 생리적 신호를 통해서 측정되었다. 언어측정은 외부 자극에 대한 언어표현을 바탕으로 한 것으로 개인의 사회적, 경제적, 문화적, 지리적, 시간적 경험이 변수로 작용할 가능성이 높은 측정방법이다. 언어측정 방법은 감성측정의 초기단계에서부터 이용되었다. 심리학이나 생리학 분야에서 불안척도, 우울척도, 스트레스척도, 정신과적 증상 평가 문항 등 병리적 감성측정을 위한 문진표가 연구되었으며 이는 일반인의 감성척도를 수치화할 때에도 활용되고 있다. 언어측정은 보다 섬세한 감성의 상태를 나타내 줄 수 있다는 장점이 있지만 앞서 말한 바와 같이 개인의 문화, 경제, 사회, 역사적 배경이 관여될 소지가 높으며 언어로 표현된 감성 상태의 본질이 개인마다 다를 수 있다는 단점을 내포하고 있다. 그러나 언어측정은 그 단점에도 불구하고 오랜 연구를 통해 축적된 데이터베이스를 이용하고 개인의 감성 상태를 보다 구체적으로 표현해 주고 생리신호에 의한 측정에 비해 매우 경제적이며 특별한 장비가 없

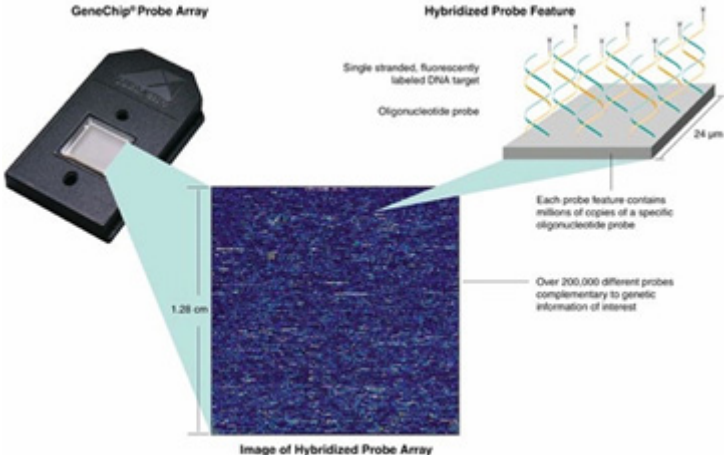

그림 1. 미국 affymetrix사에서 1994년부터 연구용으로 판매하기 시작한 DNA chip(GeneChip)(from company homepage http://www.affymetrix.com/).

어도 감성측정이 가능하다는 점에서 마케팅 분야에서 소비자들의 상품 혹은 디자인에 대한 이미지나 호(好)/불호(不好)의 감성을 측정할 때에도 이용될 뿐만 아니라(정상훈, 2009; 홍수연 외, 2009) 감성측정이 요구되는 다양한 분야에서 많이 활용되고 있는 측정방법이다.

감성의 변화를 나타내는 생리적 신호로는 뇌파, 심전도, 안구운동, 심박률, 혈압, 말초혈류량, 피부전기활동, 체온 등이 있으며, 침, 소변, 땀, 림프액, 혈액 등의 체액에 나타나는 화학적 변화 또한 생리적인 신호라고 할 수 있다. 뇌파는 중추신경계에 의해, 심전도와 안구운동은 체성신경계에 의해, 그리고 심박률, 혈압, 피부 전기활동, 혈류량 등은 자율신경계에 의해 통제되는데 피부에 전극을 접착하거나 손가락 끝에 광 센서를 부착하여 그 변화를 감지할 수 있다(손진훈, 2001). 기쁨, 슬픔, 분노, 공포, 혐오 등 특정 감성에 따라 신경계의 반응이 달리 나타나며 사람마다 비교적 공통적인 반응을 보인다는 전제 아래 신경계의 변화를 통한 개인의 감성 측정 연구는 탄력적으로 진행되고 있다(Sternbach, R. A., 1962; Ekman et al., 1983; Stemmler, G., 1989; Collet et al., 1997; Palomba et al., 2000). 더욱이 최근에는 fMRI 등 다양한 뇌영상 기기의 급격한 발전과 뇌과학 분야의 다양한 연구 성과에 힘입어 감성에 따라 활성화되는 뇌를 직접 관찰할 수도 있다(Phan et al., 2002; Anders et al., 2004; Williams et al., 2005; Britton et al., 2006; 김호덕과 심귀보, 2007). 그런데 신경계에 나타나는 생리신호측정 방법이 육체에 표현된 감성의 표지를 정량적으로 측정해 낼 수 있는, 객관성이 높은 측정방법이라는 점은 부인할 수 없지만 그 생리적 신호를 측정하기 위해서는 시간이나 경제적 비용이 많이 투자되어야 하며 몸에 센서를 부착하거나 특정 기계 안에 들어가야 하는 번거로움이나 부담감이 있는 것 또한 사실이다.

특히 fMRI를 사용하여 감정 반응을 확인 할 때에는 실험 처치물을 매우 정교하게 조작해야 하며 처치물의 상태 및 변형기술(morphing techniques) 수준에 따라 피험자의 반응이나 측정 결과에 차이가 발생할 수 있다. 또, 감정을 담당하는 뇌 영역은 여러 부위이며 특정한 감정이 유발되는 시점에서 해당 뇌 부위들은 서로 유기적으로 상호작용 하며 활성화 된다(Iidaka et al., 2001). 그렇기 때문에 fMRI를 통해 확인되는 개별 뇌 영역들의 활성화가 본래의 실험 의도에 대해 반응하는 것인지 아니면 다른 이유로 인해 자극된 것인지 구분하기 위해서는 여러 단계의 확인 작업이 수반되어야 한다. 보편적으로는 통제조건을 설정한 뒤 fMRI를 통해 뇌를 우선 촬영하고 여기에 실험 결과를 대비(contrast) 시킴으로써 자극에 의한 활성화 부위를 일일이 걸러내는 복잡한 판독 단계가 수반된다(e.g., Sato et al., 2004). 즉, fMRI를 통해 감정 반응을 정확히 확인하는 것은 결코 간단한 작업이 아니며 자칫 감정 판독이 잘못 이루어질 가능성도 존재한다.

뿐만 아니라 fMRI를 통해 감정을 측정 할 때에는 이미 선행된 감정이나 실험 처치물에 대한 개인적 선호도 및 인식 등 개인이 자연스럽게 느꼈던 본연의

감정이 측정 과정에서 여과되지 못할 확률이 높다. 개인이 어떠한 감정을 경험하였는지에 따라 실험 처치물을 대하는 감정적 반응은 다르게 나타난다(황유선 외, 2010; Niedenthal et al., 2000; Wild et al., 2003). 더구나 fMRI는 실험실에서 이루어져야 하는 상황 특성상 피험자들의 감정에는 예기치 못한 변화가 발생할 수 있다. 낯선 공간에서 반쯤 밀폐된 기계 속으로 들어가 어떠한 역할을 수행한다는 것은 개인에게 적지 않은 부담이고 그에 따라 특정한 감정이 유발될 수도 있다. 실제로, 무의식적인 상태에서의 뇌 반응과 의식 상태에서의 자극에 대한 반응을 비교한 경우, 각각 활성화 되는 뇌 반응 부위는 상이하게 드러난다(Killgore & Yurgelun-Todd, 2004).

한편, 이처럼 다양한 방식으로 측정되어 온 인간의 감성은 사회적 상호작용 측면에서도 그 중요성이 점차 부각되고 있다. 사람의 얼굴과 사물에 대해 감정적으로 반응하는 뇌 활성화 정도를 각각 측정한 결과에 의하면 사물 보다는 사람의 얼굴을 바라볼 때 감정 반응 부위가 더 많이 활성화 되었다(Hariri et al., 2002). 그리고 개인의 감정 상태는 사회적 상호작용 방식에 대해서 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인되어 왔다(Salovey et al., 2003; Sher & Baucom, 1998). 이러한 결과는 개인의 감정 상태가 대인간 커뮤니케이션을 수행하고 사회적 관계를 유지하는 데 유의미한 영향력을 발휘한다는 것을 함의한다.

지금까지의 논의를 종합 할 때, 이제 일상적 환경 속에서 감정의 왜곡을 최소화함으로써 누구라도 자신의 감정을 정확히 측정할 수 있는 기술이 필요한 시점이라고 할 수 있다.

3. 감성 진단칩(Emotion-on-a-chip)

반도체공정을 이용하면 전자회로가 집적된 칩(chip) 위에 생체물질(DNA, 단백질 등)을 고정하여 생명과학 분야의 기초연구 및 의료용 진단에 활용할 수 있다. 이러한 칩 위에 DNA를 올리면 DNA-on-a-chip (또는 DNA chip), protein(단백질)을 올리면 protein-on-a-chip (또는 protein chip), cell(세포)를 올리면 cell-on-a-chip (또는 cell chip)이라고 하여 암을 포함한 인간의 질병을 진단하는 데 사용되고 있다. 1980년 후반에 미국의 Stephen P.A. Fodor 박사 연구팀이 처음으로 DNA chip 기술을 발명하면서 바이오칩 기술은 눈부신 발전을 거듭하고 있다.

1990년대 초에는 칩 위에서 분리, 반응, 혼합, 합성, 분석 등의 일반 생화학적 실험이 이루어지는 개념이 도입되면서 칩 위의 실험실, 즉 Lab-on-a-chip이 대두되기 시작했다(Harrison et al., 1993). lab-on-a-chip 기술은 짧은 반응시간, 극미량의 시료사용, 소형화 등의 장점을 가지고 미국, 유럽을 시작으로 일본, 한국 등에서 선두적인 연구를 수행하고 있다.

감성 진단칩 (emotion-on-a-chip)은 DNA chip처럼 칩 위에서 감성지표를 검침할 수 있는 생체물질을 고정하고 감성지표대상물질(대사물질, 생체호르몬 등)을 실시간으로 현장에서 측정할 수 있거나 혹은 LOC처럼 칩 위에서 여러 감성지표의 복합반응을 수행할 수 있는 차세대 바이오칩 기술이다.

인간 체액을 통해서 감성을 측정하는 감성 진단칩(EOC)이 현대사회에 중요하게 대두되는 이유는 최근 정신적인 측면과 신체적인 측면이 상호 보완적이라는

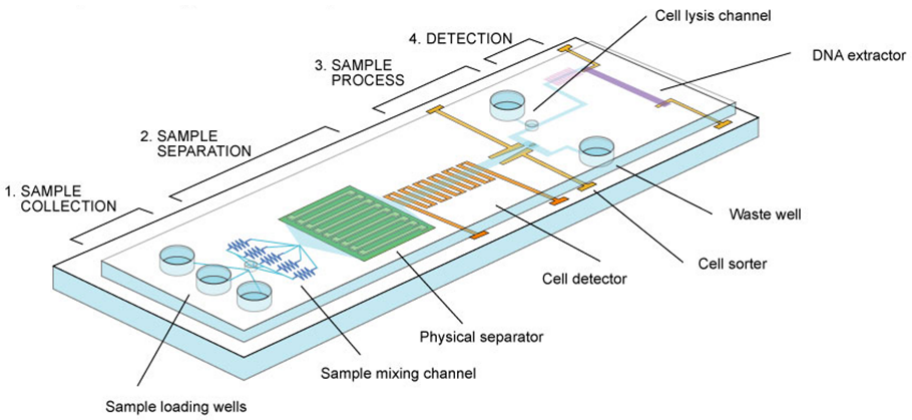

그림 2. 미세유체 기반 LOC의 개념도
(연세대학교 바이오칩 연구실 자료로부터 인용)

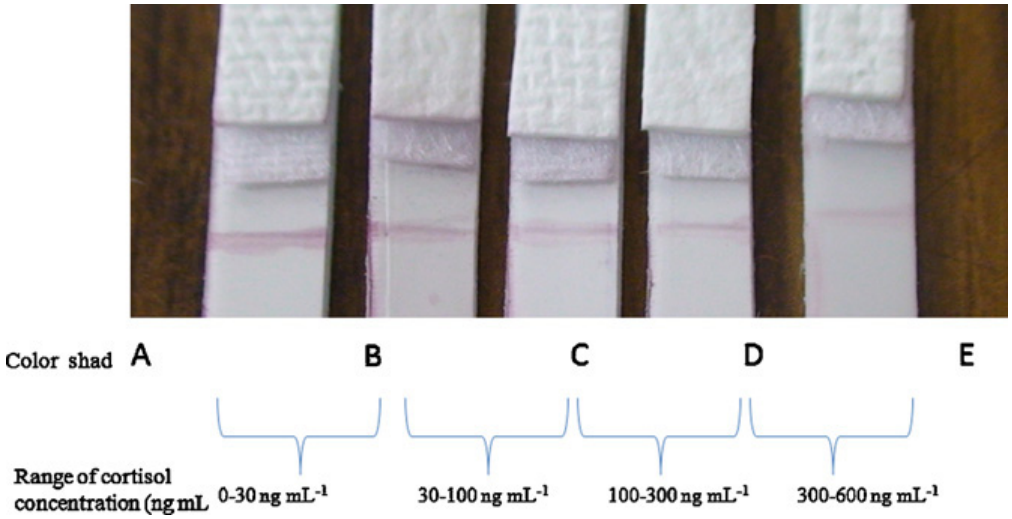

그림 3. 시중에서 판매되는 임신진단키트와 유사한 형태의 코티졸 농도 측정키트. 방식은 lateral flow immunoassay이다. (Seema Nara, 2010)

학문의 융복합적인 개념이 받아들여지고 있기 때문이다. 즉 신경과학이 인체의 면역계와 호르몬 작용을 다루는 내분비학과 연계되어 있다는 생각은 정신신경증면역내분비학(psychoneuroimmunoendocrinology)이라는 새로운 학문을 탄생시키기에 이른다. 즉, 강한 정신적 스트레스를 받으면 면역력이 떨어져 병에 쉽게 걸린다는 것은 이미 과학적으로 입증된 사실이며 "마음이 괴로우면 몸이 괴롭다"는 옛말이 틀린 것은 아니었다(피셔, 2004).

체액을 통한 감성측정은 외적 자극에 대한 대응으로써 인간의 체액에 나타난 생물학적 표지(biological marker)를 통해 감성의 변화를 측정해 내는 것이다. 예를 들어 불안과 밀접한 관련이 된다고 보고된 호르몬이자 신경전달 물질인 카테콜아민(catecholamine)의 분비정도를 통해 불안함의 정도를 측정하거나 코티졸의 농도를 통해 스트레스를 측정하는 것이다(Woo et al., 2001, Nara, 2010).

실험 및 분석을 통해 채취한 혈액이나 소변 안에 포함된 생물학적 표지의 변화를 읽어냄으로써 감성상태를 진단하는 것으로 짧은 시간을 통해 반응을 나타냈다가 없어지는 생물학적 표지에 대한 검사는 현재와 같은 방법으로는 측정하기 어려우며, 특히 생물학적 표지로 이용되는 요소가 체액에 일정 정도 이상의 양이 나타날 때 측정이 가능하다는 단점이 있다. 현재 체액을 통한 감성측정 방법에 대한 연구는 신경계의 신호를 기반으로 감성측정을 하는 방법에 비해 덜 활성화되었다. 하지만 최근에 미국의 Zhang 연구팀이 Posttraumatic stress disorder (PTSD) 진단에 있어 혈액 내 바이오마커의 존재가능성을 시사한 것은 매우 고무적인 일이다(Zhang, 2009). 그는 최근 논문에서 PTSD의 바이오마커를 찾기 위한 전략으로 gene-array, protein-array, RT-PCR, western blot 등 첨단 생명공학 기술을 이용하여 탐색(screening test)을 하고 이를 분석과학적인 측면에서 검증을 하고 최종적으로 의학적 신뢰성평가를 수행해야 한다고 지적한다. 이렇게 감성지표에 대한 신뢰성 있는 바이오마커가 선정되면 이를 실시간으로 감지할 수 있는 감성진단칩(EOC) 기술이 요구된다. 체액에 드러난 여러 표지들은 감성의 변화뿐 아니라 인체에서 일어나고 있는 모든 상황, 곧 신경계 순환계 소화계의 상황을 동시에 종합적으로 표현해 내고 있다는 점에서 감성의 표지를 읽어내는 것이 용이하지 않기 때문이다. 그러나 역으로 감성이 인간의 인지와 감각, 육체의 모든 상황과 연관이 되어 있다고 볼 때 체액을 통한 감성측정은 인간의 감성이해 자료로서 이용가치가 높은 것이라 할 수 있으며 그렇기 때문에 인내심을 가지고 연구해야 할 분야인 것이다. 특히 감성 바이오 마커 연구는 매우 초기단계이다. 체액 내 상당히 많은 수의 감성 바이오마커의 발견과 개발이 감성진단칩의 개발과 함께 이루어져야 할 것이다. 최근 의료분야에서는 암과 같은 질병을 진단하기 위한 암 바이오마커의 연구가 활발히 진행되고 있으며 그러한 마커는 암진단칩에 활용되고 있다. 이렇게 기존의 잘 확립된 질병의 바이오마커를 탐색하는 기법을 감성진단칩에 활용하게 되면 최근 상용

화되고 있는 진단용 바이오칩처럼 감성진단칩도 빠른 시간안에 시장에 진입할 것으로 기대된다.

현재 본 연구진이 구상하고 있는 감성진단칩의 초기 형태는 일단 체액 내 존재하는 감성지표(카테콜아민 또는 코티졸 등)의 농도를 측정할 수 있는 간단한 스트립형태의 키트를 개발하려고 한다. 그 방식은 감성지표를 인식하는 항체와 금 콜로이드를 이용하는 것(Lateral flow immunoassay방식)으로 현재 약국에서 쉽게 구입할 수 있는 임신진단 키트와 유사한 형태가 될 것이다. 하지만 감성이라는 것은 기쁨, 슬픔, 놀람, 공포 등 여러 가지 복잡한 정서를 포함하고 있기 때문에 단일 감성지표의 측정으로는 제대로 설명을 할 수 없다. 따라서 궁극적으로 여러 개의 감성지표를 동시에 측정할 수 있는 어레이 형태의 EOC를 만들어야 한다. 물론 어레이 형태 이전에 단일 감성지표를 정확하게 측정하는 EOC의 개발이 선행되어야 하는 것은 당연하다. 어레이 형태의 바이오칩은 금전극을 여러 개 붙여서 만드는 MEAs (Multielectrode Arrays)나 IMEs (Interdigitated microsensor electrodes) 등이 잘 확립된 기술이며 새롭게 발견된 감성지표물질 감지용 바이오마커 개발과 함께 감성진단칩 제작에 활용될 것이다. 최근 nanowire 또는 carbon nanotube 등과 같은 나노물질을 이용하여 어레이 형태의 감성진단칩을 제작할 수 있겠다.

4. 감성 진단칩(EOC)의 활용

항암제를 포함해서 많은 약물들은 환자의 감성상태(긍정적/부정적 정서)를 파악한 후에 투여할 경우 심리적 요인에 의해 그 효과가 배가 될 수 있다. 따라서 감성기반 약물 투약으로 기존 맞춤형 치료에서 진일보한 치료기술을 확립할 수 있다. 기존의 바이오칩이나 바이오센서시장은 대부분이 암과 같은 질병에 국한되어 있어 세계적으로 그 경쟁이 매우 치열하고 그 진입장벽이 높은 상태이다. 하지만 Emotion-on-a-chip과 같은 분야는 감성측정이라는 틈새시장을 노리는 것으로 그 시장과 기술을 선점하기에 매우 유리한 상태이다. 인간의 지적활동을 뇌 활동에만 국한하던 관점에서 몸의 영향을 포함하는 인간지성의 새로운 해석이 가능하다. 감성의 정확하고 객관적인 측정을 통해서 사회적/심리적 갈등을 해소할 수 있는 방안이 마련될 수 있다. 또한 계측된 인간 감성을 인간과 기계의 인터페이스에 도입함으로써 감성컴퓨터의 발달을 촉진할 수 있을 것이다.

5. 결론

지금까지는 개인의 주관적 판단이나 고도의 숙련된 기술이 요구되는 전문 장비를 사용한 감정 측정(인터뷰, 뇌파, 심혈관활동 등) 기법에 의존해 왔다. 그러나 미래는 인간체액(혈액, 타액, 땀 등)을 통해 누구라도 현장에서 실시간으로 감성을 측정할 수 있는 감성 진단칩(EOC)의 시대이다. 최근 미국, 유럽 등 선진국에서는 질병 진단용 바이오칩 기술이 매우 성숙되어 있고 일반 의료용 진단시장에서 탈피하여 새로운 콘텐츠를 발굴하여 노력하고 있다. 우리나라도 고도로 발달된 반도체기술과 함께 축적된 바이오칩기술을 고감도 감성측정분야로 진화시켜야 할 것이다. 가까운 미래에 약국에서 임신진단키트와 함께 감성진단키트를 누구나 손쉽게 구매할 수 있고 타액이나 소변 등으로 본인의 감성상태를 정확하게 파악할 수 있는 시대를 기대해 본다.

참고문헌

김은주, 박해정, 김주환 (2010). 교육에서의 긍정적 감성의 역할. *감성과학, 13(1),* 225-234.

김주환, 신우열, 함정현 (2009). 행복은 우리를 통하게 한다: 긍정심리학 관점에서 커뮤니케이션 이론 다시 보기. *커뮤니케이션 이론, 5(1),* 86-122.

김호덕, 심귀보 (2007). fMRI와 TRS와 EEG를 이용한 뇌파분석을 통한 사람의 감정 인식. *한국지능시스템학회논문지, 17(6),* 832-837.

손진훈 (2001). 생리신호를 이용한 감성측정. *한국정밀공학회지, 18(2),* 14-25.

송현주 (2008). 정서와 정치 커뮤니케이션 연구. *커뮤니케이션 이론, 4(1),* 32-76.

에른스트 페터 피셔 (2004). *인간,* 들녘, 91-92.

정상훈 (2009). 제품 유형별 표출되는 감성어휘 비교. *감성과학, 12(2),* 215-224.

정효일, 박태선, 이배환, 윤성현, 이우영, 김왕배 (2010). 감성과학을 위한 측정기법의 최근 연구 동향. *감성과학, 13(1),* 235-242.

홍수연, 이현주, 진기남 (2009). 웹 사이트 사용자 감성 유형 분류를 통한 감성척도 연구. *감성과학, 12(1),* 1-10.

황유선, 신우열, 김주환 (2010). 너의 표정을 통해 읽는 것은 나의 감정이다: 감정의 변화가 상대방의 표정 인식에 미치는 영향에 관한 연구. *커뮤니케이션학 연구, 18(1),* 247-271.

Anders, S., Lotze, M., Erb, M., Grodd, W., & Birbaumer, N. (2004) Brain activity underlying emotional valence and arousal: A response-related fMRI study. *Human Brain Mappingm, 23,* 200-209.

Britton, J. C., Phan, K. L., Taylor, S. F., Berridge, K. C., & Liberzon, I. (2006). Neural correlated of social and nonsocial emotions: an fMRI study, *NeuroImage, 31(1),* 397-409.

Collet, C., Vernet-Maury, E., Delhomme, G., & Dittmar, A. (1997). Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions. *Journal of Autonomic Nervous System, 62,* 45-57.

Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I. (2006). *A Life Worth Living: Contributions to Positive Psychology. New York:* Oxford University Press, USA.

Diener, E. (2000). Subjective well-being: The science of happiness and a proposal for a national index. *American Psychologist, 55,* 34-43.

Ekman, P., Levenson, R. W., & Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science, 22,* 1208-1210.

Fredrickson, B. L. (1998). What good are positive emotions? *Review of General Psychology, 2,* 300-319.

Hariri, A. R., Tessitore, A., Mattay, V. S., Fera, F., & Weinberger, D. R. (2002). The amygdala response to emotional stimuli: A comparison of faces and scenes. *NeuroImage, 17,* 317-323.

Harrison, D.J., Fluri, K. Seiler, K., Fan, Z., Effenhauser, C.S., & Manz, A. (1993). Micromachining a miniaturized capillary electrophoresis-based chemical analysis system on a chip. *Science, 261,* 895-897.

Iidaka, T., Omori, M., Murata, T., Kosaka, H., Yonekura, Y., Okada, T., & Sadato, N. (2001). Neural interaction of the amygdala with the prefrontal and temporal cortices in the processing of facial expressions as revealed by fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience, 13,* 1035-1047.

Killgore, W. D. S., & Yurgelun-Todd, D. A. (2004). Activation of the amygdala and anterior cingulate during nonconscious processing of sad versus happy faces. *NeuroImage, 21,* 1215-1223.

Nara, S., Tripathi, V., Singh, H., & Shrivastav, T. G. (2010). Colloidal gold probe based rapid immunochromatographic strip assay for cortisol. *Analytica Chimica Acta, 682,* 66 – 71.

Niedenthal, P. M., Halberstadt, J. B., & Margolin, J., & Innes-Ker, A. H. (2000). Emotional state, and the detection of change in facial expression of emotion. European *Journal of Social Psychology, 30,* 211-222.

Palomba, D., Sarlo, M., Angrilli, A., Mini, A., & Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *International Journal of Psychophysiology 36,* 45-57.

Phan, K. L., Wager, Tor., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2002). Funtional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. *NeuroImage, 16,* 331-348.

Rosenberg, M. (1990). Reflexivity and Emotions. *Social psychology Quarterly, 53(1),* 3-12.

Salovey, P., Woolery, A., & Mayer, J. D. (2003). Emotional Intelligence: Conceptualization and measurement. In Garth J. O. F. & Margaret S. C. (Eds), *Blackwell handbook of social psychology: Interpersonal processes* (pp. 279-307). Malden, MA: Blackwell.

Sato, W., Kochiyama, T., Yoshikawa, S., Naito, E., & Matsumura, M. (2004). Enhanced neural activity in response ot dynamic facial expressions of emotion: an fMRI study. *Cognitive Brain Research, 20,* 81-91.

Sher, T. G. & Baucom, D. H. (1993). Marital communication differences among maritally distressed, depressed, and nondistressed-nondistressed couples. *Journal of Family Psychology, 7,* 148-153.

Stemmler, G. (1989). The autonomic differentiation of emotions revisited: Convergent and discriminant validation. *Psychophysiology, 26,* 617-632.

Sternbach, R. A. (1962). Assessing differential autonomic patterns in emotion. *Journal of Psycosomatic Research, 6,* 87-91.

Wild, B., Erb, M., Eyb, M., Bartels, M., & Grodd, W. (2003). WHy are smile contagious? An fMRI study of the interaction between perception of facial affect and

facial movements. *Psychiatry Research, 123,* 17-36.
Williams, L. M., Das P., Liddell, B., Olivieri, G., Peduto, A., Brammer, M. J., & Gordon, E. (2005). BOLD, sweat and fears: fMRI and skin conductance distingish facial fear signals. *NeuroReport, 16(1),* 49-52.
Woo, Geum-Seok, Yu, Bum-Hee. (2001). Anxiety and Beta Adrenergic Receptor Function. *The Korean Journal of Psychopharmacology, 12(2),* 124-132.
Zhang, L., Li, H., Benedek, D., Li, X., Ursano, R. (2009). A strategy for the development of biomarker tests for PTSD. *Medical Hypotheses,* 73, 404–409.

원고접수 : 11.02.22
수정접수 : 11.03.14
게재확정 : 11.03.17